

Jordan and Hamburgler  
F-8167  
(212) 986-2340  
Koji TOJO et al.

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 3 月 2 8 日

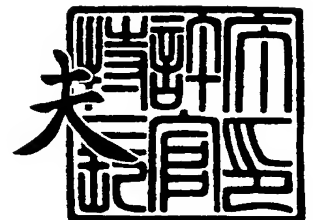
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 8 9 5 . 5 4  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 0 8 9 5 5 4 ]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社島津製作所

2 0 0 4 年 1 月 1 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 0 7 0 6



【書類名】 特許願

【整理番号】 K1020744

【提出日】 平成15年 3月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/02

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 東条 公資

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 入口 知史

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 渡辺 一馬

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 杉本 統宏

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 福士 一郎

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 石垣 直也

**【発明者】**

**【住所又は居所】** 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津  
製作所内

**【氏名】** 井上 光二

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000001993

**【氏名又は名称】** 株式会社島津製作所

**【代理人】**

**【識別番号】** 100095511

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 有近 紳志郎

**【電話番号】** 03-5338-3501

**【手数料の表示】**

**【予納台帳番号】** 002233

**【納付金額】** 21,000円

**【提出物件の目録】**

**【物件名】** 明細書 1

**【物件名】** 図面 1

**【物件名】** 要約書 1

**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 固体レーザー装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザ結晶と、前記マイクロチップレーザ結晶からのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザー装置において、

固体レーザー装置の緩和発振周波数にゲインの極小値を持ちさらにノッチ周波数でゲインが 0 にならない疑似ノッチフィルタを前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 2】 レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザー装置において、

固体レーザー装置の緩和発振周波数にゲインの極小値を持ちさらにノッチ周波数でゲインが 0 にならない疑似ノッチフィルタを前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固体レーザー装置に関し、さらに詳しくは、低周波ノイズも高周波ノイズも抑制できる固体レーザー装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、レーザ光を発生する半導体レーザと、半導体レーザからのレーザ光が入

射され高調波を出射する非線形光学素子と、非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、光の強度が所定値になるように半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザ装置が知られている（例えば、特許文献1参照。）。

また、半導体レーザからのレーザ光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザ結晶を、非線形光学素子の前段に設けた固体レーザ装置が知られている（例えば、特許文献2参照。）。

### 【0003】

#### 【特許文献1】

特開平7-106682号公報

#### 【特許文献2】

特表平4-503429号公報

### 【0004】

#### 【発明が解決しようとする課題】

図6に、従来の固体レーザ装置の一例における非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶のゲイン伝達特性を示す。

図6の例では、約12MHzにゲインのピークが出ている。このピークの周波数を固体レーザ装置の緩和発振周波数 $f_k$ と呼ぶ。

### 【0005】

また、図7に、従来の固体レーザ装置の一例における非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶の位相伝達特性を示す。

図7に示されているように、固体レーザ装置の緩和発振周波数 $f_k$ で位相が反転している。

### 【0006】

さて、図7の位相伝達特性を持つ固体レーザ装置では、出力制御回路による負帰還制御で緩和発振周波数 $f_k$ より低い周波数の出力変動（低周波ノイズ）を抑制している。これは、固体レーザ装置の通常の使用周波数が、緩和発振周波数 $f_k$ より十分低いためである。

ところが、図 7 に示すように緩和発振周波数  $f_k$  で位相伝達特性が反転するため、負帰還が正帰還になってしまい、緩和発振周波数  $f_k$  より高い周波数の出力変動（高周波ノイズ）を抑制できない問題点がある。

そこで、本発明の目的は、低周波ノイズも高周波ノイズも抑制できる固体レーザ装置を提供することにある。

#### 【0 0 0 7】

##### 【課題を解決するための手段】

第 1 の観点では、本発明は、レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザ結晶と、前記マイクロチップレーザ結晶からのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザ装置において、固体レーザ装置の緩和発振周波数にゲインの極小値を持ちさらにノッチ周波数でゲインが 0 にならない疑似ノッチフィルタを前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザ装置を提供する。

上記構成において、疑似ノッチフィルタとしたのは、固体レーザ装置の緩和発振周波数のみでゲインが 0 になる理想的なノッチフィルタではなく、固体レーザ装置の緩和発振周波数の近傍でゲインが徐々に小さくなり、緩和発振周波数でゲインが 0 でない極小値になるようなゲイン特性のフィルタを想定したためである。

上記第 1 の観点による固体レーザ装置では、固体レーザ装置の緩和発振周波数にゲインの極小値を持つ疑似ノッチフィルタを設けているが、このような疑似ノッチフィルタのゲイン伝達特性は、非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶のゲイン伝達特性のピークを打ち消す効果を持つから、緩和発振周波数の近傍の光ノイズの抑制に関して好適となる。さらに、このような疑似ノッチフィルタの位相伝達特性は緩和発振周波数の前後で反転するから、非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶の位相伝達特性と合わせれば、緩和発振周波数の前後で位相が反転しないこととなり、低周波ノイズも高周波ノイズも出力制御回路によ

る帰還制御で抑制することが出来る。

#### 【0 0 0 8】

第2の観点では、本発明は、レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザ装置において、固体レーザ装置の緩和発振周波数にゲインの極小値を持ちさらにノッチ周波数でゲインが0にならない疑似ノッチフィルタを前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザ装置を提供する。

上記構成において、疑似ノッチフィルタとしたのは、固体レーザ装置の緩和発振周波数のみでゲインが0になる理想的なノッチフィルタではなく、固体レーザ装置の緩和発振周波数の近傍でゲインが徐々に小さくなり、緩和発振周波数でゲインが0でない極小値になるようなゲイン特性のフィルタを想定したためである。

上記第2の観点による固体レーザ装置では、固体レーザ装置の緩和発振周波数にゲインの極小値を持つ疑似ノッチフィルタを設けているが、このような疑似ノッチフィルタのゲイン伝達特性は、非線形光学素子のゲイン伝達特性のピークを打ち消す効果を持つから、緩和発振周波数の近傍の光ノイズの抑制に関して好適となる。さらに、このような疑似ノッチフィルタの位相伝達特性は緩和発振周波数の前後で反転するから、非線形光学素子の位相伝達特性と合わせれば、緩和発振周波数の前後で位相が反転しないこととなり、低周波ノイズも高周波ノイズも出力制御回路による帰還制御で抑制することが出来る。

#### 【0 0 0 9】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図に示す本発明の実施の形態を説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

#### 【0 0 1 0】

##### －第1の実施形態－

図1は、第1の実施形態にかかる固体レーザ装置100を示す構成図である。

この固体レーザ装置 1 0 0 は、レーザ光を発生する半導体レーザ 1 と、レーザ光を集光する集光レンズ系 2 と、集光されたレーザ光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザ結晶 3 と、マイクロチップレーザ結晶 3 からのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子 4 と、非線形光学素子 4 から出射される光の強度を検出するためのスプリッタ 5、光学フィルタ 6 及びフォトダイオード 7 と、フォトダイオード 7 で検出した光の強度が所定値になるように制御信号 L を出力する低速 A P C (Auto Power Control) 回路 8 と、フォトダイオード 7 で検出した光のノイズ成分が 0 になるように制御信号 H を出力する高速 A P C 回路 9 と、制御信号 L 及び制御信号 H に基づく駆動電流を半導体レーザ 1 に供給する L D 駆動回路 1 0 とを具備している。

#### 【 0 0 1 1 】

低速 A P C 回路 8 は、信号増幅回路 8 b と、信号反転増幅回路 8 d とを含んでいる。この回路は、光出力の D C レベルのふらつきを抑えるものである。

高速 A P C 回路 9 は、結合コンデンサ 9 a と、信号増幅回路 9 b と、疑似ノッチフィルタ 9 c と、信号反転増幅回路 9 d とを含んでいる。

#### 【 0 0 1 2 】

図 2 に、疑似ノッチフィルタ 9 c の回路例を示す。

#### 【 0 0 1 3 】

図 3 に、疑似ノッチフィルタ 9 c のゲイン伝達特性を示す。

疑似ノッチフィルタ 9 c は、非線形光学素子 4 及びマイクロチップレーザ結晶 3 の緩和発振周波数  $f_k$  の近傍で徐々にゲインが小さくなり、緩和発振周波数  $f_k$  でゲインが極小値となるゲイン特性を有している。この結果、非線形光学素子 4 及びマイクロチップレーザ結晶 3 のゲイン伝達特性のピークを打ち消す効果を持つから、緩和発振周波数  $f_k$  の近傍の光ノイズの抑制に関して好適となる。

#### 【 0 0 1 4 】

図 4 に、疑似ノッチフィルタ 9 c の位相伝達特性を示す。

疑似ノッチフィルタ 9 c は、緩和発振周波数  $f_k$  すなわちノッチ周波数の前後で位相が反転している。すなわち、緩和発振周波数  $f_k$  より低い周波数で位相が



−180°、緩和発振周波数  $f_k$  より高い周波数で位相が 0° になっている。

一方、図 7 に示すように、非線形光学素子 4 及びマイクロチップレーザ結晶 3 の位相伝達関数では、緩和発振周波数  $f_k$  より低い周波数で位相が 0°、緩和発振周波数  $f_k$  より高い周波数で位相が −180° になっている。

そうすると、非線形光学素子 4 及びマイクロチップレーザ結晶 3 と疑似ノッチフィルタ 9c とを合成した位相伝達関数では、緩和発振周波数  $f_k$  より低い周波数でも、緩和発振周波数  $f_k$  より高い周波数でも位相が −180° になる。つまり、緩和発振周波数  $f_k$  の前後での位相の反転がなくなる。

この結果、低周波ノイズも、高周波ノイズも、高速 APC 回路 9 による帰還制御で抑制できることとなる。

#### 【0015】

##### —第 2 の実施形態—

図 5 は、第 2 の実施形態にかかる固体レーザ装置 200 を示す構成図である。

この固体レーザ装置 200 は、第 1 の実施形態にかかる固体レーザ装置 100 からマイクロチップレーザ結晶 3 を省いた以外は、同じ構成である。

#### 【0016】

この固体レーザ装置 200 でも、第 1 の実施形態にかかる固体レーザ装置 100 と同じ効果が得られる。すなわち、低周波ノイズも、高周波ノイズも、高速 APC 回路 9 による帰還制御で抑制できる。

#### 【0017】

##### 【発明の効果】

本発明の固体レーザ装置によれば、固体レーザ装置の緩和発振周波数にゲインの極小値を持つ疑似ノッチフィルタを出力制御回路に設けたため、非線形光学素子のゲイン伝達特性または非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶のゲイン伝達特性のピークを打ち消す効果を持つから、緩和発振周波数の近傍の光ノイズの抑制に関して好適となる。そして、このような疑似ノッチフィルタの位相伝達特性は緩和発振周波数の前後で反転するから、やはり緩和発振周波数の前後で位相が反転する非線形光学素子の位相伝達特性または非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶の位相伝達特性と合わせれば、緩和発振周波数の前後で位相

が反転しないこととなり、低周波ノイズも高周波ノイズも出力制御回路による帰還制御で抑制できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施形態に係る固体レーザ装置を示す構成図である。

【図 2】

疑似ノッチフィルタの回路例を示す回路図である。

【図 3】

疑似ノッチフィルタのゲイン伝達関数を示す特性図である。

【図 4】

疑似ノッチフィルタの位相伝達関数を示す特性図である。

【図 5】

第 2 の実施形態に係る固体レーザ装置を示す構成図である。

【図 6】

従来の固体レーザ装置の一例における非線形光学素子のゲイン伝達関数または非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶のゲイン伝達特性を示す特性図である。

【図 7】

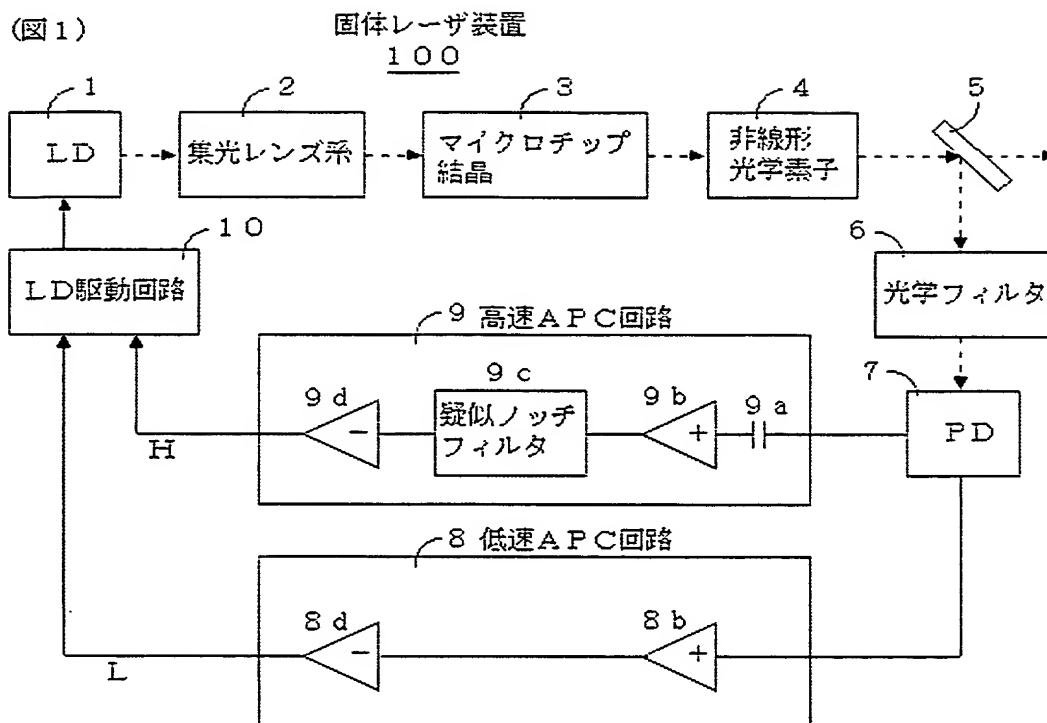
従来の固体レーザ装置の一例における非線形光学素子の位相伝達関数または非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶の位相伝達特性を示す特性図である。

【符号の説明】

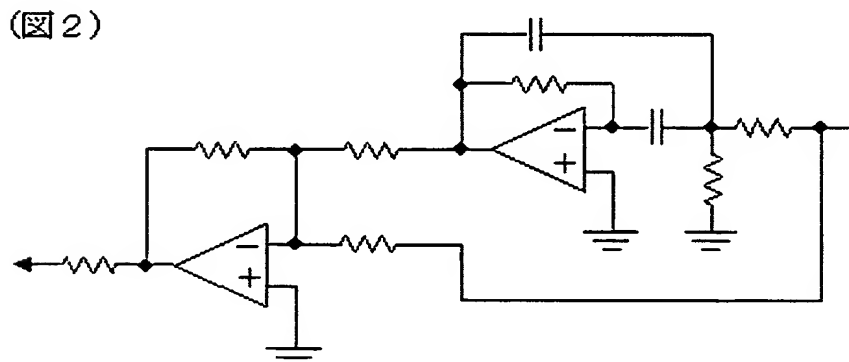
1	半導体レーザ
3	マイクロチップレーザ結晶
4	非線形光学素子
8	低速 A P C 回路
9 c	疑似ノッチフィルタ
9	高速 A P C 回路
1 0 0 , 2 0 0	固体レーザ装置

【書類名】 図面

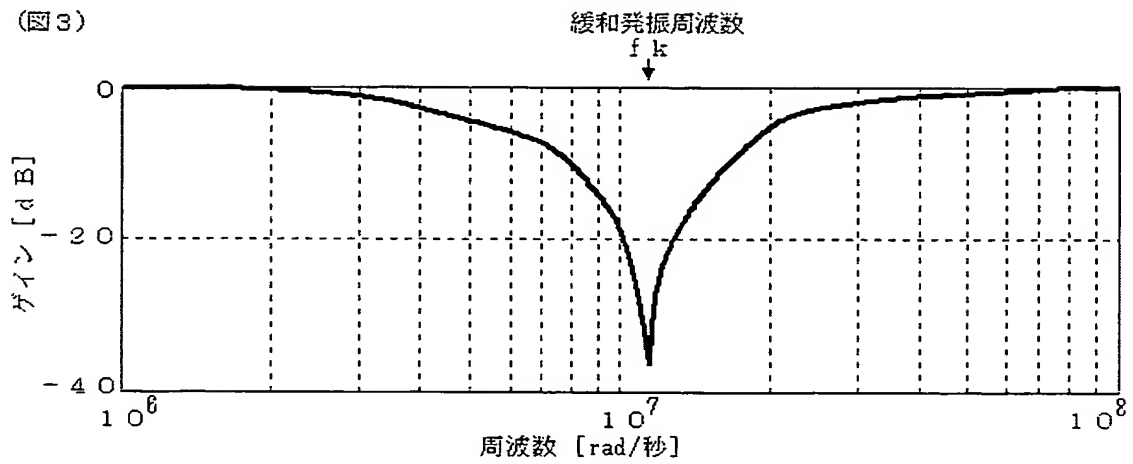
【図 1】



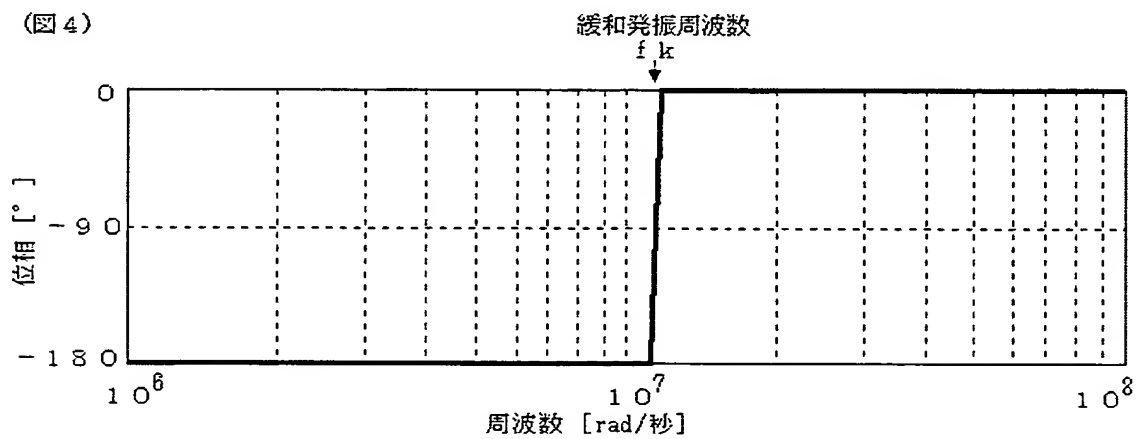
【図 2】



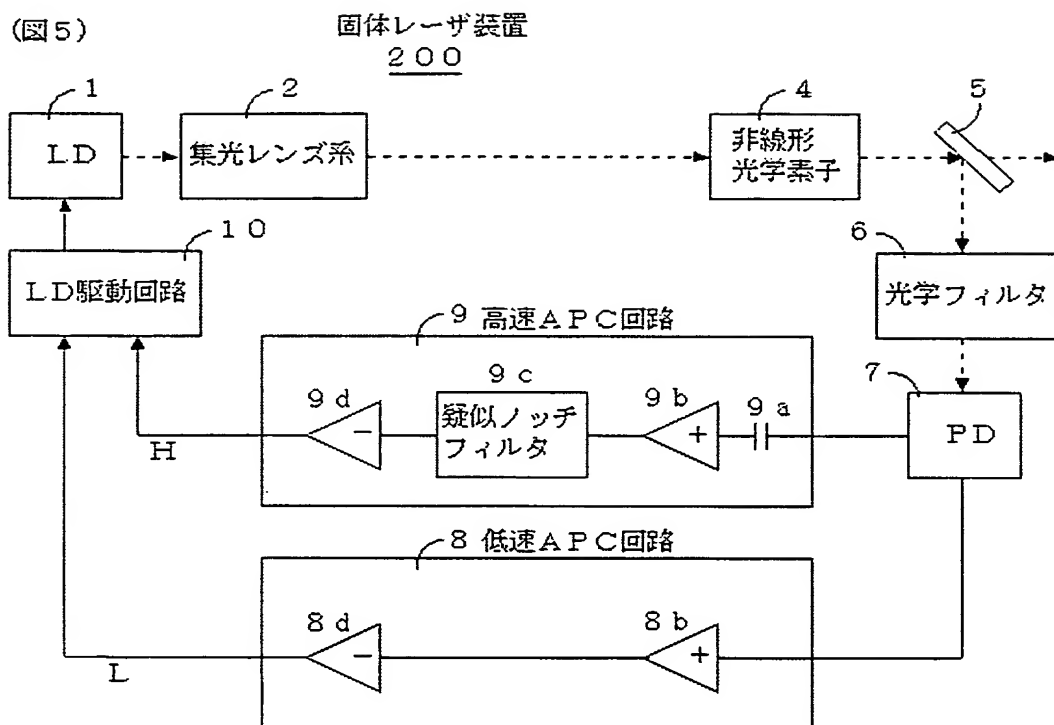
【図 3】



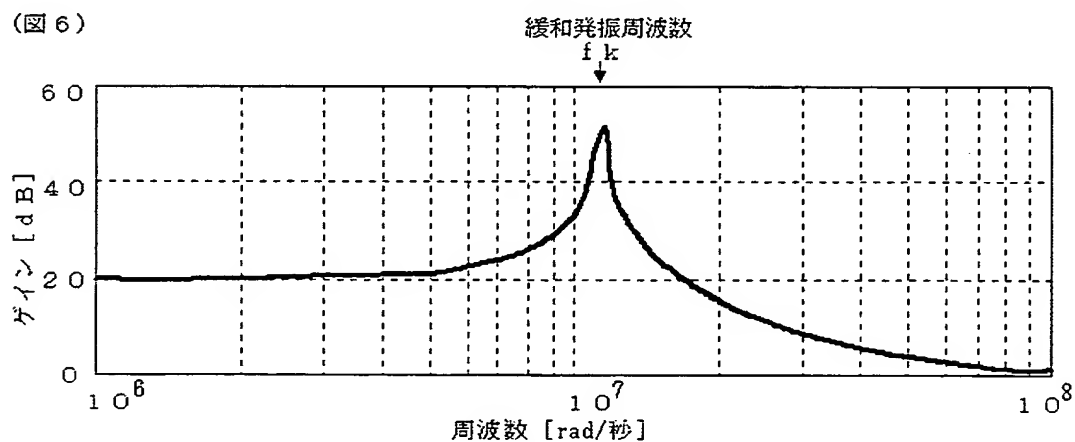
【図 4】



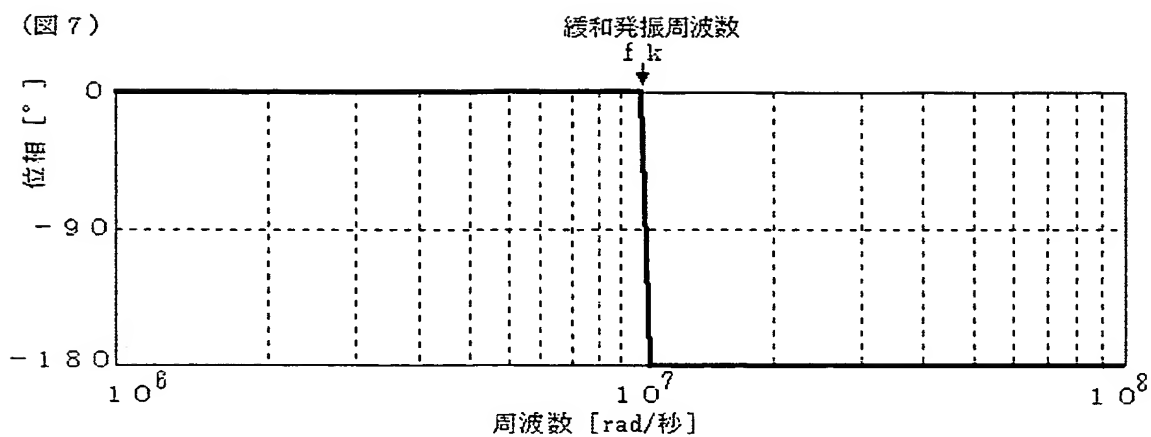
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低周波ノイズも高周波ノイズも抑制できるようにする。

【解決手段】 固体レーザ装置の緩和発振周波数にゲインの 0 でない極小値を持つ疑似ノッチフィルタ（9 c）を出力制御回路（9, 1 0）に設ける。

【効果】 非線形光学素子（4）及びマイクロチップレーザ結晶（3）の位相伝達特性は緩和発振周波数の前後で位相が反転するが、疑似ノッチフィルタ（9 c）の位相伝達特性も緩和発振周波数の前後で反転するから、両者を合わせれば緩和発振周波数の前後で位相が反転しないこととなり、低周波ノイズも高周波ノイズも出力制御回路による帰還制御で抑制できるようになる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 8 9 5 5 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 9 9 3 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地
氏 名	株式会社島津製作所